

V

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 2 0 8 8 9 2

(43) 公開日 平成 5 年 (1993) 8 月 20 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C30B 15/30		9151-4G		
15/04		9151-4G		
29/06	502	J 7821-4G		

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 5 頁)

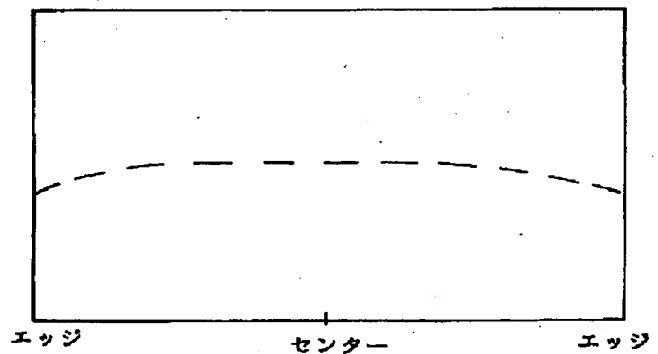
(21) 出願番号	特願平 4 - 3 8 4 7 4	(71) 出願人	0 0 0 1 9 0 1 4 9 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号
(22) 出願日	平成 4 年 (1992) 1 月 29 日	(72) 発明者	田村 明彦 福井県武生市北府 2 丁目 1 3 番 5 0 号 信 越半導体株式会社武生工場内
		(72) 発明者	岩崎 淳 福井県武生市北府 2 丁目 1 3 番 5 0 号 信 越半導体株式会社武生工場内
		(74) 代理人	弁理士 館野 公一

(54) 【発明の名称】 単結晶シリコン棒の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 断面内の抵抗率分布を均一化した不純物ドーブシリコン単結晶を得る。

【構成】 チョクラルスキー法により、不純物元素をドーブしたシリコン単結晶を引上げる際、ルツボ回転速度を周期的に変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チョクラルスキー法により、不純物元素をドーブしたシリコン単結晶を引上げる際、ルツボ回転速度を周期的に変化させることで結晶中の断面内の抵抗率分布を改善することを特徴とする単結晶シリコン棒の製造方法。

【請求項 2】 ルツボ回転速度の周期的変化が 8 r p m 以上の回転速度と 2 r p m 以下の回転速度との周期的な増減により行なわれる請求項 1 記載の単結晶シリコン棒の製造方法。

【請求項 3】 ルツボ回転速度を周期的に変化させる際の周期が 3 0 秒以上 1 2 0 秒以下であり、高速あるいは低速回転にある時間は、その周期の 2 5 ~ 7 5 % である請求項 1 記載の単結晶シリコン棒の製造方法。

【請求項 4】 単結晶が軸方位〈1 1 1〉の単結晶である請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の単結晶シリコン棒の製造方法。

【請求項 5】 不純物元素がアンチモンである請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の単結晶シリコン棒の製造方法。

【請求項 6】 不純物元素が砒素、リン、アルミニウム、ボロン、ガリウム、またはインジウムである請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の単結晶シリコン棒の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は単結晶シリコン棒の製造方法に関し、より詳しくは不純物元素をドーブしたシリコン単結晶を得る場合に、断面内の抵抗率分布を改善することができる単結晶棒シリコン棒の製造方法に関する。

## 【0 0 0 2】

【従来の技術】 チョクラルスキー法（C Z 法）によりシリコン単結晶棒を引上げるには、シリコン融液を入れたルツボを回転させながら、種単結晶をシリコン融液中に浸け、種単結晶にシリコンを折出させて、単結晶を成長させ、徐々に単結晶を引上げてゆくことにより棒状に成長した単結晶を得る。不純物をドーブしたシリコン単結晶のうち、アンチモンドープシリコン単結晶を得るには、アンチモンを混入させたシリコン融液を用いて、上記と同様に引上げることが行なわれていた。

【0 0 0 3】 このアンチモンドープシリコン単結晶引上げの際の操作条件としては、ルツボ回転が高速（8 r p m 以上）の方が、結晶を安定して製造できる。しかし、このようにすると断面内の抵抗率分布が不均一になってしまう。これは、特に、軸方位〈1 1 1〉の単結晶で顕著となる。従って、特に、軸方位〈1 1 1〉のアンチモンドープシリコン単結晶の断面内の抵抗率分布を均一にする技術の確立が望まれていた。

## 【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の操作条件で軸方位〈1 1 1〉のアンチモンドープシリコンの単結晶を製造した場合について詳しく検討してみたところ、図 3 に示すように結晶の中央部がファセット成長しており、その部分のドーバント濃度が高くなっていることがわかった。すなわち、従来のアンチモンを混入したシリコン融液からの軸方位〈1 1 1〉の単結晶成長を行なうと 8 r p m 以上の高速のルツボ回転速度における引上げにおいては結晶中央部の成長界面がフラットになり、しかもその部分のドーバント密度が高くなっていたのである。

【0 0 0 5】 一方、軸方位〈1 1 1〉とする以外は上記と同条件でアンチモンドープシリコン単結晶を成長させると断面内の抵抗率分布は比較的均一である。そこで、この軸方位〈1 0 0〉の単結晶の成長状態を詳細に調べると、図 4 に示すように結晶中央部の成長界面が下に凸（融液側に凸）となる形で結晶が等温成長していることがわかった。

【0 0 0 6】 上記軸方位〈1 1 1〉の単結晶についての観察と軸方位〈1 0 0〉の単結晶についての観察を対比させることにより、軸方位〈1 1 1〉の単結晶では結晶周辺部からの等温成長と、結晶中央部でのファセット成長が同時進行していることがわかる。

【0 0 0 7】 本発明は上記の点を解決し、不純物をドーブしたシリコン単結晶成長を好ましい等温成長を行わせ、特に、軸方位〈1 1 1〉の単結晶成長の場合における結晶中央部のファセット成長をなくし、断面内の抵抗率分布を均一にすることにある。

## 【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために本発明の単結晶シリコン棒の製造方法は、チョクラルスキー法により、不純物をドーブしたシリコン単結晶を引上げる際、ルツボ回転速度を周期的に変化させることで結晶中の断面内の抵抗率分布を改善することを特徴としている。すなわち、本発明は、結晶引上げ中にルツボ回転速度を周期的に変化させ、特にルツボ回転が低速となったとき、ルツボ底部から成長界面に直接到達する高温の対流を誘導することで、成長界面を全体的に上に凸とし、好ましい等温成長を行なわせ、特に軸方位〈1 1 1〉の単結晶成長の場合における結晶中央部でのファセット成長をなくし、断面内の抵抗率分布を均一にするものである。

【0 0 0 9】 ルツボ回転速度の周期的変化は、8 r p m 以上から 2 r p m 以下に周期的に変化させるのが好ましい。回転速度 2 r p m 以下の時に、上記ルツボ底部から成長界面に直接到達する高温の対流が効果的に誘導され、回転速度 8 r p m 以上の時に結晶が異常の形状とならず、断面略円形の棒状になるような結晶成長が行なわれる。

【0 0 1 0】 ルツボ回転速度を周期的に変化させる際の

周期Tは、30秒以上120秒以下とするのが好ましく、高速あるいは低速回転にある時間 $t_h$ 、 $t_l$ は、その周期の25~75%とするのが好ましい。

【0011】図5に上記周期Tと高速回転にある時間 $t_h$ 、低速回転にある時間 $t_l$ の関係の一例を示す。図5においては、高速回転時のルツボ回転速度を8rpmとし、低速回転時のルツボ回転速度を2rpmとし、周期Tは60秒とし、高速回転にある時間 $t_h$ を30秒とし、低速回転にある時間 $t_l$ を30秒とした場合が示されている。

【0012】上記 $t_h$ あるいは $t_l$ が周期Tの25~75%となるようにすることにより、低速回転時における、結晶中央部での等温成長を可能とし、特に、軸方位〈111〉の単結晶の成長の場合におけるファセット成長を防止する対流と高速回転時における結晶の安定は成長をバランスよく確保でき、断面的の抵抗率分布を均一にするとともに、良好な形状にすることが可能となる。

【0013】本発明においては、軸方位〈111〉の単結晶成長において特に著しい効果を発現する。すなわち、ルツボ回転速度を例えば8rpmで一定にして上げた場合に生じていた図3に示すような、結晶中央部でのファセット成長によりもたらされたフラットな成長界面が、ルツボ回転速度を8rpmと2rpmで図5に示すように周期的に変化させることにより、図1に示すように、成長界面を全体に上に凸な形状とし、軸方位〈111〉の単結晶成長において特に著しく生じていたファセット成長をなくし、等温成長を可能にし、断面内の抵抗率分布を均一にすることができる。

【0014】上記においては、ドーパントとしてアンチモンを使用した場合を例にとりて説明したが、本発明は成長界面形状を変えることにより断面内の抵抗率分布を均一化するものであるため、他のドーパント、例えば砒素、リン、アルミニウム、ボロン、ガリウム、インジウム等に対しても適用可能なことは自明である。

【0015】

【作用】単結晶引上げ中にルツボ回転速度を周期的に変化させ、特にルツボ回転が低速となったとき、ルツボ底部から成長界面に直接到達する高温の対流を誘導することで成長界面を上に出し、より好ましい等温成長を可能にし、ドーパントが成長結晶中に均一に取り込まれるようになる。本発明の方法により軸方位〈111〉の単結晶を成長させると、成長界面は全体に上に凸の形状になるとともにファセット成長が防止される。また、本発明の方法により軸方位〈100〉の単結晶を成長させると、ルツボ回転速度一定の場合にみられる中央部にあった下に凸の界面はなくなり、全体が上に凸の界面とすることができる。これにより、不純物元素をドーパントしたシリコン単結晶棒を引上げる際に、断面内の抵抗率分布を均一化することが可能となる。

【0016】

【実施例】次に実施例を挙げて本発明を説明する。

#### 実施例1

ドーパントとしてアンチモンを使用し、直径4インチのアンチモンドープシリコン単結晶棒をチョクラスキー法にて引上げた。引上げの際にルツボ回転速度を図5に示すように周期的に変化させた。高速回転時のルツボ回転速度を8rpmとし、低速回転時のルツボ回転速度を2rpmとし、周期Tは60秒とし、高速回転にある時間 $t_h$ を30秒とし、低速回転にある時間 $t_l$ を30秒とした。得られた単結晶棒を成長軸に垂直な断面が出るように多数個に切断し、この断面内の抵抗率分布を測定し、図6に示すような、軸方向の長さにおける半径方向の抵抗率分布を求めた。図6から明らかなように、軸方向に垂直な断面及び軸方向に平行な断面の両断面内の抵抗率分布は10%以下である。

#### 【0017】比較例1

ルツボ回転速度を8rpmで一定とする以外は実施例1と同様にして、抵抗率分布を求めた。その結果を図6に併記する。図6から明らかなように断面内の抵抗率分布は最大20%のバラツキを示した。

#### 【0018】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、チョクラスキー法により、不純物元素をドーパしたシリコン単結晶を引上げる際、ルツボ回転速度を周期的に変化させることで、成長界面を上に出し、好ましい等温成長を可能にして、ドーパントが成長結晶中に均一に取り込まれるようにし、成長結晶断面内の抵抗率分布を均一化することができる。特に、本発明の方法により軸方位〈111〉の単結晶を成長させると、ファセット成長が防止され、抵抗率分布の均一化の効果が顕著に表われる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法により軸方位〈111〉の単結晶成長を行なった場合における成長界面の断面形状を示す説明図である。

【図2】本発明の方法により軸方位〈100〉の単結晶成長を行なった場合における成長界面の断面形状を示す説明図である。

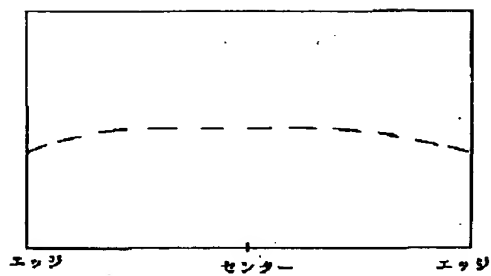
【図3】ルツボ回転速度を一定にして軸方位〈111〉の単結晶成長を行なった場合における成長界面の断面形状を示す説明図である。

【図4】ルツボ回転速度を一定にして軸方位〈100〉の単結晶成長を行なった場合における成長界面の断面形状を示す説明図である。

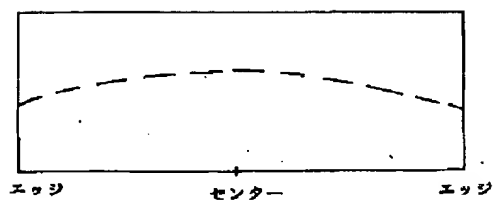
【図5】本発明の方法におけるルツボ回転速度を周期的に変化させる場合の一例を示すグラフである。

【図6】実施例及び比較例で得られるアンチモンドープシリコン単結晶棒の断面の抵抗率分布を示すグラフである。

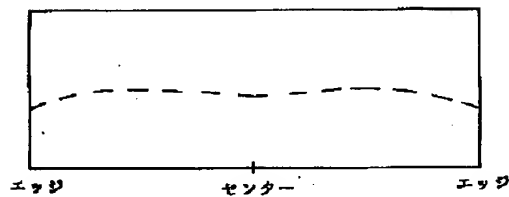
【図 1】



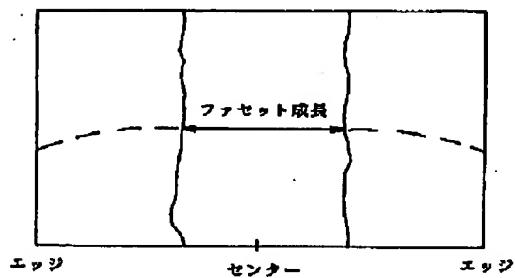
【図 2】



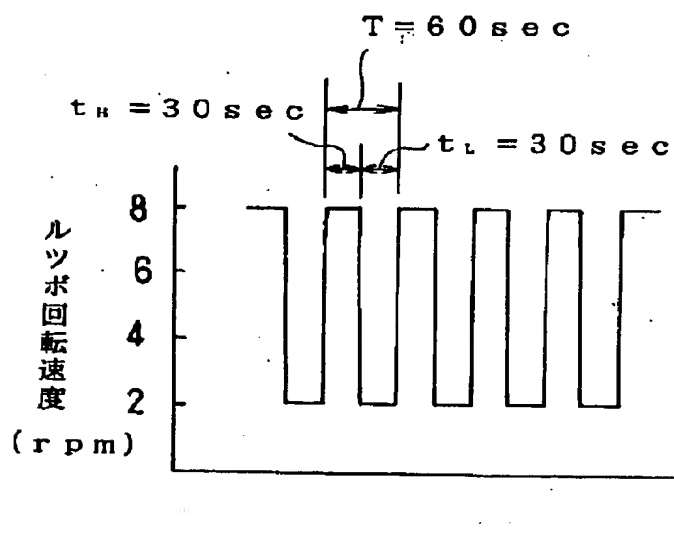
【図 4】



【図 3】



【図 5】



【図6】

